

Perbandingan Penggunaan Matlab dan Python Dalam Penentuan Episenter Gempa; Studi Kasus Gempa Laut Banda 06 Mei 2020

Comparison Of Matlab and Python In Determining The Earthquake Epicenter; Case Study Banda Sea Earthquake 06 May 2020

Arsy Nurrochman¹, Luvi Roma Doni¹, Wulan Safitri¹, Ida Bagus Suananda Yogi¹,
Syamsurijal Rasimeng¹

¹ Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Lampung, Kota Bandar Lampung, Indonesia

Email: arsy.nurrochman1017@students.unila.ac.id,

ABSTRAK

Laut Banda merupakan laut dengan lempeng Samudra yang termuda di planet ini. Lempeng yang berusia sekitar 5jt tahun ini menunjukkan sedikitnya 20 gempa dalam satu bulan. Jumlah ini menandakan bahwa laut banda adalah laut yang aktif dalam mengekspansi dirinya. Oleh karenanya perlu dilakukan penentuan titik sumber gempa yang dapat ditentukan dengan menggunakan promgram Matlab ataupun Phytion. Pada dasarnya untuk mendapatkan lokasi episenter gempa dapat dilakukan dengan beberapa cara, seperti metode Grid Search, Geiger, dan Random Search. Selain itu pula pemrograman komputasi dapat menggunakan beberapa applikasi, dalam hal ini kami menggunakan perbandingan antara software Matlab dan Phytion. Penentuan waktu terjadinya gempa dilakukan menggunakan Diagram Wadati yang kemudian akan dilanjutkan dengan metode 3D Grid Search yang dapat memberikan informasi mengenai titik gempa secara 3D dengan memanfaatkan nilai RMS (root mean square). Pada penelitian ini bertujuan untuk melakukan relokasi hiposenter gempabumi yang terjadi di wilayah Laut Banda pada 6 Mei 2020 dengan menggunakan metode Grid Search 3D pada kecepatan 1D. Nilai RMS yang didapat dengan menggunakan program Matlab dan Phytion pada penelitian ini berturut turut adalah 4.7695e-005 di iterasi ke-48 dan 0.1701405200291348 pada iterasi ke-12.

Kata Kunci: 3D Grid Search, Diagram Wadati, Laut Banda, Matlab, Phytion

ABSTRACT

The Banda Sea is the youngest oceanic plate on the planet. The plate, which is about 5 million years old, shows at least 20 earthquakes a month. This number indicates that the Banda Sea is a sea that is active in expanding itself. Therefore it is necessary to determine the point of the earthquake source which can be determined using the Matlab or Python program. Basically, to get the location of the epicenter of the earthquake can be done in several ways, such as the Grid Search, Geiger, and Random Search methods. In addition, computational programming can use several applications, in this case we use a comparison between Matlab and Python software. Determination of the timing of an earthquake is done using a Wadati diagram which will then be followed by the 3D Grid Search method which can provide information about the earthquake point in 3D by utilizing the RMS (root mean square) value. This study aims to relocate the hypocenter of the earthquake that occurred in the Banda Sea region on May 6, 2020 using the 3D Grid Search method at 1D speed. The RMS values obtained using the Matlab and Python programs in this study were 4.7695e-005 in the 48th iteration and 0.1701405200291348 in the 12th iteration, respectively.

Keyword: 3D Grid Search, Wadati Diagram, Banda Sea, Matlab, Python

PENDAHULUAN

Indonesia terletak pada Lempeng Eurasia yang berbatasan dengan Lempeng Indo-Australia (Samudera Indonesia) pada sisi selatan dan barat, sedangkan pada sisi

timur, Indonesia berbatasan dengan Lempeng Laut Filipina dan Lempeng Pasifik yang bergerak secara konvergen (Natawidjaja, 2012). Ditambang dengan Sembilan lempeng kecil, yaitu Lempeng Birma, Lempeng Laut Maluku, Lempeng

Laut Banda, Lempeng Timor, Lempeng Filipina, Lempeng Caroline, Lempeng Birdhead, Lempeng Mauke, dan Lempeng Woodlark (Bird, 2003). Daerah pertemuan antar lempeng ini menghasilkan zona subduksi yang berakibat pada intensitas pegunungan dan struktur-struktur kompresi yang ada di Indonesia.

Daerah subduksi merupakan salah satu daerah aktif gempa bumi sehingga lajur gempa bumi di Indonesia selaras dengan panjangnya daerah subduksi yang mengepung Indonesia atau sekitar 5.600 km mulai dari Andaman hingga ke Busur Banda Timur. Lajur kemudian terus ke wilayah Maluku dan Sulawesi Utara. Sementara daerah barat dan selatan Indonesia yakni sepanjang pantai barat Sumatera, pantai selatan Jawa, NTB, NTT, serta Maluku merupakan wilayah yang memiliki tingkat kerawanan gempa bumi dan tsunami yang cukup tinggi. Badan Meteorologi dan Geofisika menunjukkan sedikitnya 20 gempa terjadi dalam satu bulan.

Sehingga, dengan kondisi geografis seperti di atas membuat Indonesia memiliki tingkat kerawanan bencana geologi yang cukup tinggi, terutama pada bencana gempa dan tsunami. Sehingga, diperlukan upaya mitigasi yang harus dilakukan secara dini dan optimal guna meminimalisir dampak bencana. Upaya tersebut dapat dengan melakukan penelitian kebumiharian yang intens, pemasangan jaringan pemantau yang representatif, serta diseminasi informasi.

Menurut Robert Hall (2010), Laut Banda merupakan laut yang paling muda di dunia dengan usia sekitar 5jt tahun. Hal ini disebabkan oleh Evolusi Tektonik Indonesia Timur yang membuat masuknya hampir seluruh lempeng Samudra Banda *Embayment* yang berumur *Jurassic* (160jt tahun) ke bawah lempeng Eurasia sehingga Banda *Embayment* ini harus digantikan oleh lempeng Samudra baru,

yakni lempeng Banda yang berumur *Neogen* (<12 juta tahun).

Pada penelitian ini bertujuan untuk melakukan relokasi hiposenter gempabumi yang terjadi di wilayah Laut Banda pada 6 Mei 2020 dengan menggunakan metode *Grid Search* 3D pada kecepatan 1D. Relokasi ini diharapkan mampu meningkatkan keakuratan hiposenter gempa bumi yang lebih baik (Nugroho, dkk. 2007).

METODE PENELITIAN

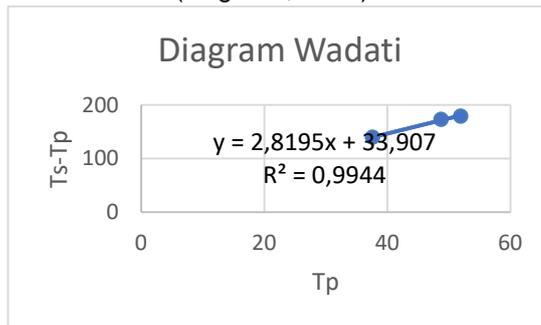
A. Waktu dan Tempat

Titik penelitian berada di daerah laut Banda. Laut Banda merupakan laut dengan lantai Samudra yang termuda di dunia dengan umur sekitar 5 juta tahun (Hall, 2010). Dalam laut seluas 500.000 km² terdapat normal *fault* terbesar di dunia (Pownall *et al.*, 2016) dan biasa dikenal sebagai *Weber Deep*. Laut Banda juga berbatasan dengan Banda Arc, *Florest thrust* dan laut banda juga masih terjadi pemekaran sehingga pada daerah ini sering terjadi gempa bumi karena adanya pemekaran lantai Samudra ataupun pergerakan lempeng tektonik lainnya. Penelitian dengan menggunakan data gempa pada tanggal 6 Mei 2020 dengan menggunakan data yang diunduh pada website ds.iris.edu dengan mengambil data tiga stasiun yang merekam *event* gempa tersebut.

B. Diagram Wadati

Penentuan waktu terjadinya gempa dapat dilakukan dengan menggunakan Diagram Wadati. Beda waktu tiba antara gelombang P dan juga gelombang S (ts-tp) diplot terhadap waktu tiba dari gelombang P. Dari hasil *plotting* dengan menggunakan Diagram Wadati ini akan didapatkan *origin time* dari gempa bumi dengan melihat titik potong ts-tp dengan sumbu x (waktu tiba

gelombang P). Waktu tiba biasa disebut dengan t_p . Dalam menentukan waktu tibagempa atau *origin time*, dibutuhkan beberapa parameter, yakni data t_p dan $t_s - t_p$ dari n stasiun (Nugraha, 2015)



Gambar 1. Hasil plot T_p Vs $T_s - T_p$

C. 3D Grid Search

Metode yang digunakan untuk meakukan penentuan episenter adalah *guided grid search*. *Guided Grid Search* merupakan salah satu metode yang dikembangkan dari solusi inversi non-linear menggunakan pendekatan global (*global search*). Dengan metode ini, terlebih dahulu melakukan pendefinisian model ruang secara “*a priori*” interval (batas minimum dan maksimum) harga setiap parameter model yang memungkinkan. Setelahnya, interval tersebut diskretisasi sehingga akan didapatkan grid yang mungkin saja tidak homogen namun dapat meliputi seluruh ruang model yang telah didefinisikan. Informasi mengenai nilai fungsi obyektif pada semua grid di ruang model dapat digunakan untuk menentukan solusi dengan menggunakan nilai fungsi obyektif minimum. Pada metode *grid search* dilakukan proses perhitungan setiap titik sampelnya yang terbentuk berdasarkan *grid* (Arimuko, dkk. 2019)

Pada metode ini, ruang model dibagi kedalam delapan blok dengan setiap titik tengah blok dijadikan model awal untuk kemudian dilakukan perhitunga *forward modelling*. Solusi awal didapatkan dengan menganalisis nilai fungsi obyektif minimum

dari ke-delapan titik tersebut. Titik tengah model yang berfungsi sebagai nilai obyektif minimum tersebut kita pilih kemudian blok yang terpilih tersebut dibagi hingga delapan blok untuks setiap bloknya dan akan didapat 64 blok. Pembagian blok tersebut terus dilakukan hingga mendapatkan fungsi obtektif yang paling kecil. Dalam menentukan parameter gempa, fungsi obyektif yang didapat tersebut merupakan silisih dari waktu tiba observasi dengan waktu tiba peritungan ($t_{obs} - t_{cal}$).

Bentuk dari volume balok merupakan hal yang sangat diperhatikan dalam metode ini. Tingkat keakuratan dan kecepatan waktu akan semakin tinggi jika bentuk dari volume balok tersebut semakin simetris. Metode *guided grid search* ini memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan *grid search*. Setelah didapat nilai disetiap titik pada setiap balok, titik inilah yang terindikasi merupakan titik sumber gempa adalah titik yang mempunya kemiripan nilai pada setiap stasiunnya dan untuk mengukur kemiripannya adalah dengan menggunakan *error root mean square* dengan persamaan

$$E_{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i^{cal} - t_i^{obs})^2}{N}} \quad \dots (1)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam melakukan penelitian kali ini, pertama yang kami lakukan adalah *picking* nilai waktu tiba gelombang primer dan waktu tiba gelombang sekunder dari masing-masing stasiun yang menjadi sampel kami. Dari data ketiga stasiun yang di *pick*, selanjutnya kita tentukan nilai $t_s - t_p$ masing-masing stasiun. Untuk membuat diagram wadati dengan plot nilai t_p tiap tiap stasiun terhadap nilai $t_s - t_p$ nya selanjutnya didapat nilai gradien dari grafik tersebut. Nilai gradien tersebut dapat digunakan untuk menentukan nilai time origin. Pada penelitian ini kami mendapat nilai gradien

yaitu $Y = 2.8195X + 33.907$ dengan mengasumsikan nilai $Y=0$ maka diketahui bahwa nilai X adalah (-12.025). Nilai x tersebut adalah nilai relative gempa, selanjutnya dapat diketahui bahwa nilai origin time dari gempa tersebut adalah 13:56:47.975. Setelah mendapat nilai origin time dapat dilanjutkan dengan proses komputasi yang dalam hal ini menggunakan metode grid search. Dengan menggunakan program matlab didapatkan komponen-komponen gempa dengan komponen x , komponen y , komponen z atau kedalaman dan nilai rms error. Sebagaimana terdapat dalam Tabel 1.

Tabel 1. *Grid Searching* 3D menggunakan matlab

Iterasi	Source			RMS
	X	Y	Z	
8	327	1416	406	0.00094184
13	332	1414	404	0.00046371
20	339	1411	401	0.0012753
33	352	1405	395	0.0043468
35	354	1404	394	0.0048009
48	367	1397	387	4.769e-005
85	404	1372	362	0.0045591
92	411	1366	356	0.0043468

Dari tabel 1 dapat diketahui bahwa pada iterasi ke 8 terdapat pada koordinat (327,1416,406) dengan nilai rms error sebesar 0.00094184. Pada iterasi ke 13 terdapat pada koordinat (332,1414,404) dengan nilai rms error sebesar 0.00046371. Pada iterasi ke 20 terdapat pada koordinat (339,1411,401) dengan nilai rms error sebesar 0.0012753. Pada iterasi ke 33 terdapat pada koordinat (352,1405,395) dengan nilai rms error sebesar 0.0043468. Pada iterasi ke 35 terdapat pada koordinat (354,1404,394) dengan nilai rms error sebesar 0.0048009. Pada iterasi ke 48 terdapat pada koordinat (367,1397,387) dengan nilai rms error sebesar 4.7695e-

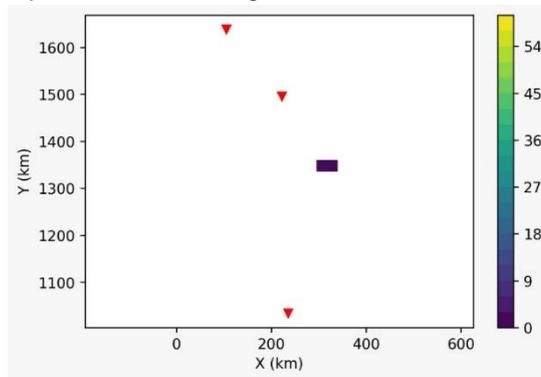
005. Pada iterasi ke 85 terdapat pada koordinat (404,1372,362) dengan nilai rms error sebesar 0.0045591. Pada iterasi ke 92 terdapat pada koordinat (411,1366,356) dengan nilai rms error sebesar 0.0043468. Pada tabel tersebut diketahui bahwa nilai rms terkecil terdapat pada iterasi ke-48 dengan nilai rms sebesar 4.7695e-005.

Tabel 2. *Grid Searching* 3D menggunakan jupyter phyton

Iterasi	Source			RMS
	X	Y	Z	
1	325	1345	340	0.46351500745
2	325	1350	340	0.41773910036
3	330	1345	340	0.40449607303
4	330	1350	340	0.24355356687
5	330	1355	340	0.45139713280
6	335	1345	340	0.44403527734
7	335	1350	340	0.17014052002
8	335	1355	340	0.33145305014
9	340	1350	335	0.39138424932
10	340	1350	340	0.30138259091
11	340	1355	335	0.48518424474
12	340	1355	340	0.32913461007

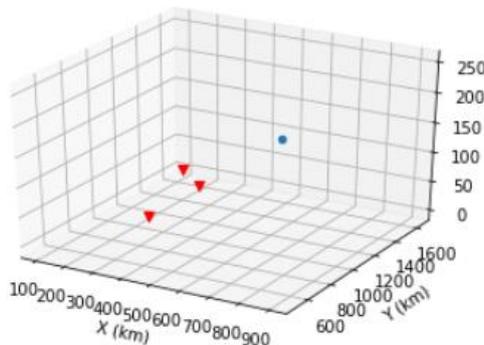
Dari tabel 2 dengan 12 kali iterasi menggunakan metode sama namun dengan program yang berbeda diketahui bahwa nilai dengan rms terkecil berada pada iterasi ke-7 dengan rms sebesar 0.17014052002913485 dan terletak pada koordinat (335,1350,340). Apabila dibandingkan dengan nilai yang didapatkan sebelumnya terlihat cukup jauh perbedaannya. Namun mengingat bahwa nilai rms yang didapat pun berbeda cukup jauh, hal ini pun mempengaruhi letak episentrum yang terbaca oleh program. Dengan perbedaan nilai rms terkecil pada matlab adalah 4.7695e-005 sedangkan pada jupyter phyton bernilai 0.17014052002913485 menunjukkan perbedaan titik episenter yang didapat pula.

Pada perhitungan episenter gempa dengan menggunakan *grid search* 2D, diperoleh hasil sebagai berikut :



Gambar 2. Plot stasiun dan episenter gempa 2D

Pada gambar di atas, sumbu x adalah nilai dari bujur dengan satuan kilometer sementara sumbu y merupakan nilai lintang dalam satuan km. Dari perhitungan ini, posisi episenter dapat diperhitungkan walaupun tidak dapat diketahui secara pasti. Dari perhitungan 2d tersebut, dapat dilihat bahwa kemungkinan episenter berada pada $x = 370\text{km}$ dan $y = 13800\text{ km}$. Nilai ini diambil karena mempunyai nilai *RMS error* yang paling kecil dengan eror 0 – 9 detik (warna ungu). Namun metode ini dapat digunakan dalam perhitungan awal karena menghasilkan perkiraan lokasi episenter dengan *RMS error* yang kecil yang kemudian nilai ini digunakan dalam perhitungan secara 3D.



Gambar 3. Plot stasiun dan episenter gempa 3D

Dengan E_{RMS} yang didapat pada perhitungan dengan metode *Grid Search* 3D menunjukkan hasil yang lebih jelas namun perlu dikembangkan lagi. Metode *Grid Search* dapat digunakan untuk menentukan relokasi dengan struktur 3D yang hasilnya lebih baik dibandingkan dengan kecepatan 1D. Untuk melakukan relokasi ini hanya membutuhkan waktu 4-5 menit sehingga metode ini dapat digunakan untuk menentukan lokasi gempa sesungguhnya

KESIMPULAN

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa perbedaan nilai E_{RMS} kedua metode ini cukup jauh yakni pada matlab adalah $4.7695e-005$ pada iterasi ke-48 dan pada *python* adalah 0.1701405200291348 pada iterasi ke 12. Perbedaan ini dipengaruhi oleh banyaknya iterasi yang dilakukan pada kedua metode ini. Semakin banyak iterasi yang dilakukan maka akan semakin kecil nilai E_{RMS} yang akan didapatkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi membantu proses penyelesaian penelitian ini, terkhusus kepada dosen mata kuliah Komputasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arimuko, A., Wibawa, A. S. W., & Firmansyah, A. (2019). Analisis Perbandingan Penentuan Hiposentrum Menggunakan Metode *Grid Search*, *Geiger*, dan *Random Search*: Studi Kasus pada Letusan Gunung Sinabung 2017. *DIFFRACTION*, 1(2), 22-28.
- Bird, P. (2003). An updated digital model of plate boundaries. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 4(3)

- Daryono, Mudrik R., Danny H. Natawidjaja, and Kerry Sieh. (2012). "Twin-surface ruptures of the March 2007 $M > 6$ earthquake doublet on the Sumatran Fault." *Bulletin of the Seismological Society of America* 102.6: 2356-2367
- Nugroho, H., Widiyantoro, S., & Ibrahim, G. (2014). Penentuan Posisi Hiposenter Gempabumi dengan Menggunakan Metoda Guided Grid Search dan Model Struktur Kecepatan Tiga Dimensi. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 8(1).
- Pownall, J. M., Hall, R., & Lister, G. S. (2016). Rolling open Earth's deepest forearc basin. *Geology*, 44(11), 947-950.
- Spakman, Wim, and Robert Hall. (2010). "Surface deformation and slab-mantle interaction during Banda arc subduction rollback." *Nature Geoscience* 3.8: 562-566.